ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIEROS INDUSTRIALES

INDUSTRI INJINERUEN
GOIMAILAKO ESKOLA

UNIVERSIDAD DE NAVARRA - NAFARROAKO UNIBERTSITATEA

SUSPENSIONES INTELIGENTES

Clara Gil Guerrero
Montserrat Miranda Robredo
Ferrán Nogue Collgros
Nerea Salustiano Esnoz
Emilio Puigcercós Aguiló

San Sebastián, noviembre de 2000

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN ___ *3*

2.- SISTEMAS DE SUSPENSIÓN ___ *3*

2.1.- SUSPENSIONES PASIVAS: PROBLEMÁTICA ___ **3**

2.2.- SUSPENSIONES ACTIVAS: LA SOLUCIÓN ___ **4**

2.2.1.- Sistemas de ancho de banda a baja frecuencia ___ 5

2.2.2.- Sistemas de ancho de banda a alta frecuencia ___ 5

3.- SISTEMAS ABC Y SC.CAR ___ *6*

3.1.- Sistema SC.CAR ___ **6**

3.2.-Sistema ABC ___ **7**

3.2.1.- Funcionamiento de la suspensión / amortiguación ___ 9

3.2.2- Regulación del nivel: función ___ 10

3.2.3.- La alimentación de presión: funcionamiento ___ 11

3.2.4.- Unidad de control ABC: disposición / tarea / función (sistema electrónico) ___ 14

3.2.5.- Patas telescópicas ___ 16

4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS ___ *17*

4.1.- Desventajas ___ **17**

4.2.- Ventajas ___ **18**

Bibliografía ___ *19*

1.- INTRODUCCIÓN

El sistema de suspensión es una de las partes más importantes de cualquier vehículo. Afecta principalmente, al confort de los pasajeros, al fácil manejo, a la maniobrabilidad, al control del vehículo y a la capacidad de carga. De éstos los más importantes son: el confort de los pasajeros y el control del vehículo. Este último influye de manera importante en la seguridad.

La suspensión tiene seis funciones básicas:

1.- Reducción de las fuerzas provocadas por la irregularidad del terreno.

2.- Control de la dirección del vehículo.

3.- Mantenimiento de la adherencia de los neumáticos a la carretera.

4.- Mantenimiento de una correcta alineación de las ruedas.

5.- Soporte de la carga del vehículo.

6.- Mantenimiento la altura óptima del vehículo.

2.- SISTEMAS DE SUSPENSIÓN

Entre los distintos sistemas de suspensión, se pueden destacar las suspensiones pasivas y las activas.

2.1.- SUSPENSIONES PASIVAS: PROBLEMÁTICA

Tradicionalmente el tipo de suspensión que se monta en los vehículos es la suspensión pasiva. A grandes rasgos consiste en un sistema de muelle-amortiguador que trata de absorber las irregularidades del terreno. Ahora bien, este tipo de suspensión no alcanza un resultado suficientemente satisfactorio. Esto se debe a que, así como a nivel de confort de los pasajeros una suspensión blanda es la idónea, no lo es tanto a nivel de seguridad ya que se produce un balanceo excesivo en curvas y se favorece el cabeceo durante la frenada. Esto puede resultar peligroso para la seguridad de los pasajeros.

La solución a esta falta de seguridad pasaría por la utilización de una suspensión más rígida, que controlaría mucho mejor el balanceo en curva y el cabeceo, pero que, disminuiría en gran manera el confort de los pasajeros.

Este problema se resuelve parcialmente por un sistema de suspensión que permita conseguir una solución de compromiso aceptable entre la seguridad y el confort en la conducción.

2.2.- SUSPENSIONES ACTIVAS: LA SOLUCIÓN

Para resolver el inherente conflicto entre el soporte de carga efectivo, el confort del vehículo, al mismo tiempo que se mantiene un contacto suficiente entre neumáticos y se elimina el balanceo en curva y cabeceo en la frenada, se desarrolla la suspensión activa.

La suspensión activa ofrece una solución tecnológica muy avanzada para conseguir este reto. Estos sistemas se presentan como una respuesta a la necesidad para desarrollar vehículos seguros y capaces de combinar grandes niveles de confort, control y maniobrabilidad.

Las suspensiones activas constan de un sistema con un actuador hidráulico que puede generar fuerzas para compensar el balanceo y cabeceo del vehículo. Un computador electrónico se encarga de monitorizar constantemente (mediante sensores), el perfil de la carretera y envía señales eléctricas a las suspensiones delantera y trasera. Aquí será donde los componentes hidráulicos, consistentes en bombas, actuadores y servoválvulas, actuarán manteniendo un nivel máximo de estabilidad.

Las suspensiones actuales están diseñadas para trabajar de forma progresiva, permitiendo así una mejor adaptación al nivel de carga del vehículo. Generalmente los amortiguadores tienen una característica de amortiguación específica, y por tanto, sus posibilidades de ajuste están limitadas a las diferentes cargas y condiciones de la carretera.

Sin embargo en las suspensiones activas esta característica de amortiguamiento es regulable gracias al sistema hidráulico y se consigue un reposicionamiento de la carrocería casi perfecto.

Uno de los parámetros que indica la calidad de una suspensión activa o semiactiva es el tiempo de respuesta. Cuanto menor sea éste, más rápidamente será capaz de reaccionar la suspensión ante una irregularidad del terreno, un frenazo o un giro brusco.

El tiempo de respuesta nos indica el ancho de banda. Si éste abarca un rango de frecuencias de hasta 3 ó 5 Hz. el sistema de suspensión se denomina de baja frecuencia (Low Bandwidth Systems), mientras que si el rango abarca frecuencias más elevadas, hasta 10 ó 12 Hz., se denomina de alta frecuencia (High Bandwith Systems).

El sistema de suspensión pasiva funciona tanto para un rango alto de frecuencias como para uno bajo. La suspensión activa puede controlar ambos rangos. A pesar de que el sistema para altas frecuencias ya se ha diseñado, todavía no ha sido implementado, debido al coste que supone. Lo que se está utilizando ahora son las suspensiones semiactivas, que controlan las bajas frecuencias con elementos activos y las altas con pasivos.

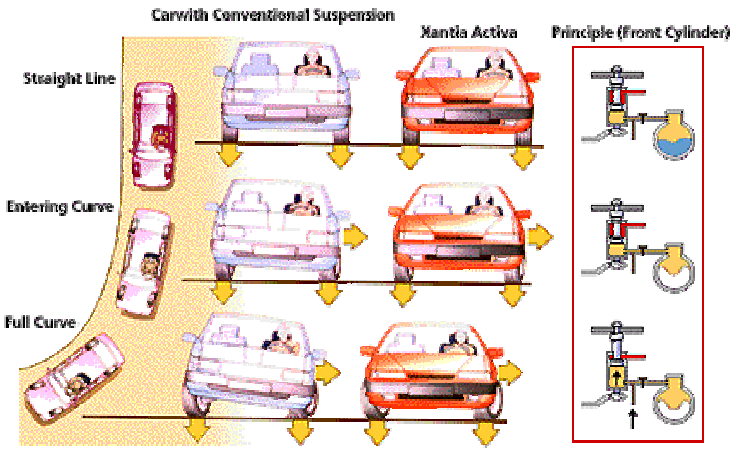


Figura 1: Suspensión pasiva vs. Suspensión activa

2.2.1.- Sistemas de ancho de banda a baja frecuencia

Se denominan también slow active, semi active o band-limited.

En general, consiste en un actuador en serie con un amortiguador y un muelle. El sistema permite controlar vibraciones en un rango de frecuencias de hasta 3-5 Hz, que corresponden al balanceo en curva y cabeceo durante la frenada, principalmente.

En rangos de frecuencias más altas el actuador se bloquea dejando en funcionamiento, únicamente, el muelle y el amortiguador, es decir, el nuevo conjunto se transforma en un sistema de suspensión pasiva.

Actualmente existen dos sistemas de ancho de banda a baja frecuencia que se desarrollan en vehículos de serie. Se trata de los sistemas construidos por Citroën (Sistema de Control Activo del Balanceo SC.CAR) y Mercedes Benz (**A**ctive **B**ody **C**ontrol). El primero de ellos consiste en sustituir el muelle y amortiguador por un actuador neumático y, el segundo, no lo sustituye, consta de un cilindro hidráulico dinámicamente regulable alineado con un muelle helicoidal y paralelo a un amortiguador.

Ambos sistemas se controlan, tal y como ya se ha dicho, de forma electrónica.

Para generar las fuerzas de compensación es necesario comprimir los muelles para lo cual se requiere mucha energía.

2.2.2.- Sistemas de ancho de banda a alta frecuencia

Se denominan también fully active suspensions. Con este método se puede controlar tanto las altas frecuencias (de 10 a 15 Hz) como las bajas frecuencias (de 3 a 5 Hz), por ello no existe el control pasivo tal y como ocurre en el caso anterior.

Generalmente este sistema consiste en la sustitución del muelle y el amortiguador por un accionador hidráulico que se encarga de ejercer las fuerzas de compensación, tanto para la reposición de la carrocería en el balanceo en curva y el

control de balanceo en la frenada, como para aislar la carrocería de las irregularidades del terreno. En el esquema de la figura se muestra el funcionamiento.

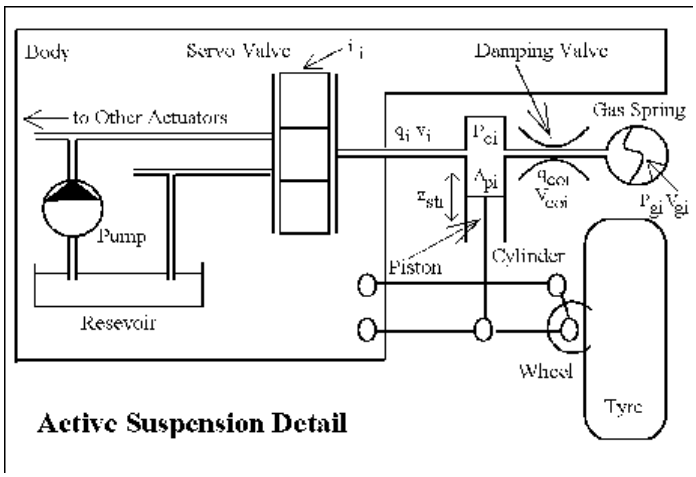


Figura 2: Esquema de suspensión activa de alta frecuencia

Este sistema está poco desarrollado y hoy en día todavía no se comercializa en los vehículos de serie, debido al gran coste de implantación y a que el consumo de energía es demasiado elevado.

3.- SISTEMAS ABC Y SC.CAR

3.1.- Sistema SC.CAR

Todos los sistemas de suspensión de Citroën llevan instalados un sistema de suspensión neumática. Cada rueda está conectada a un muelle neumático, el cual tiene forma de esfera de acero presurizada. La esfera está llena de gas (nitrógeno) y de aceite separados por un diafragma de goma que se encuentra flotando. La presión del gas cuando no hay carga está entre 400 y 800 kPa. Cuando la rueda está cargada el aceite comprime al gas. Esto ocurre porque un pistón conectado a las ruedas desplaza el aceite. Entre el pistón y la esfera de gas se encuentra una válvula amortiguadora.

La primera novedad que presenta el sistema SC.CAR, es la conexión de cada rueda a una bomba hidráulica de alta presión (mayor de 2500 kPa) que se mueve gracias al motor. Cada unidad tiene entre ella y la bomba una válvula de control sensible a la altura.

Las válvulas permiten que un fluido circule por esa unidad cuando detectan que la altura de marcha es demasiado baja, debido por ejemplo a un aumento de carga o a un pasajero extra. Cuando la carga se reduce, las válvulas permiten el paso de un exceso de fluido, que en este caso retorna al tanque de reserva.

La capacidad de la bomba no tiene que ser muy elevada, se suele emplear la misma que la utilizada para proporcionar presión a los frenos.

Para una absorción normal de las irregularidades del terreno y de la inercia producida por la carga el sistema opera como si la suspensión fuera neumática simplemente. Ahora bien, para corregir errores de altura elevados y cambios en la carga estática, entra en juego la parte activa del sistema. Esto permite que las frecuencias de la suspensión sean constantes.

Para evitar los problemas que aparecen al tomar una curva y los de cabeceo al frenar, el sistema SC.CAR ha desarrollado un sistema que reacciona tan rápidamente que es capaz de eliminar estos efectos. Así se consigue una suave amortiguación que favorece el confort de conducción.

En el interior de la válvula de control se encuentran tres elementos: la masa pendular, el amortiguador y el muelle secundario. Estos captan el movimiento de las ruedas, diferenciando si es debido a baches o a giros, para que la válvula actúe en consecuencia.

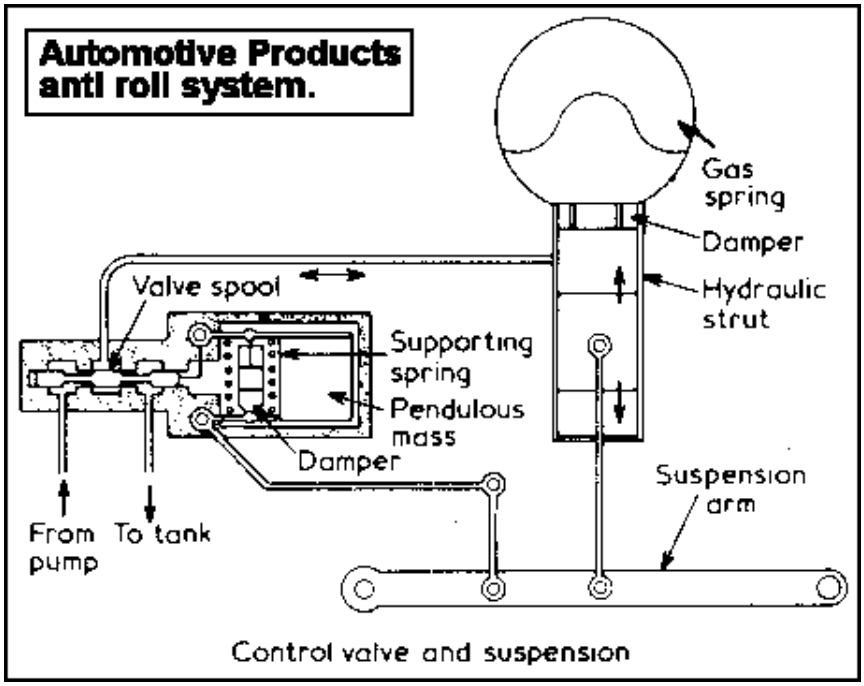


Figura 3: Esquema sistema SC.CAR

3.2.-Sistema ABC

El Active Body Control es un sistema activo de suspensión y amortiguación. De toda la parte portante estática y dinámica se encargan cuatro patas telescópicas dispuestas en las ruedas. En cada pata telescópica hay un cilindro dinámicamente regulable (émbolo buzo) alineado con un muelle helicoidal y paralelo a un amortiguador. Los cilindros hidráulicos generan al desplazarse fuerzas que contrarrestan los movimientos de la rueda.

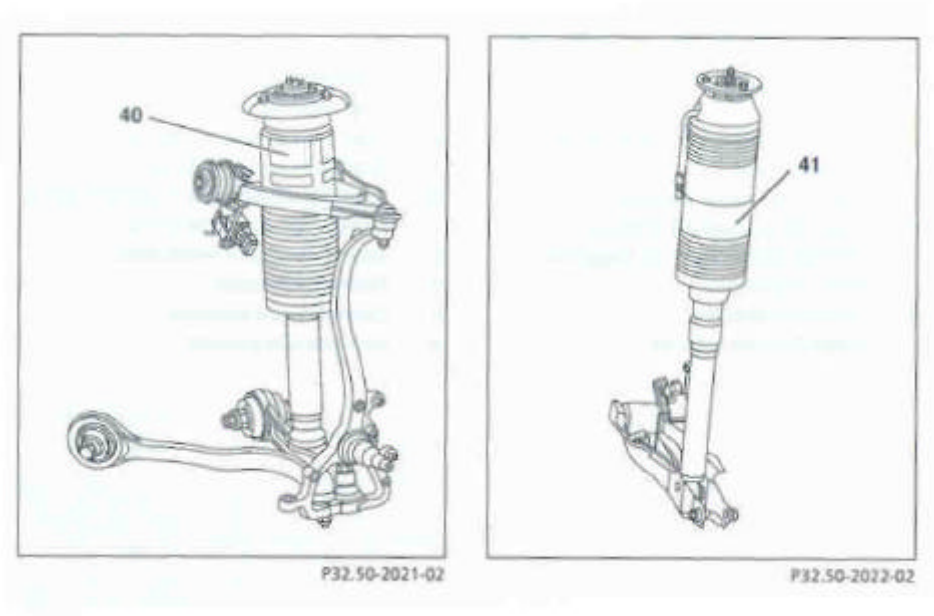


Figura 4: Esquema patas telescópicas de eje delantero (40) y trasero (41)

El ABC incluye las siguientes funciones adicionales:

?? La variación de nivel hace posible una operación manual y automática en función de la velocidad de subida / bajada del nivel del vehículo.

?? La regulación de nivel controla, según el respectivo estado de marcha y carga, el nivel del vehículo en los ejes delantero y trasero, manteniéndolo constante.

El sistema ABC incluye un sistema hidráulico que se encarga de generar las fuerzas de compensación, a través de los cilindros hidráulicos.

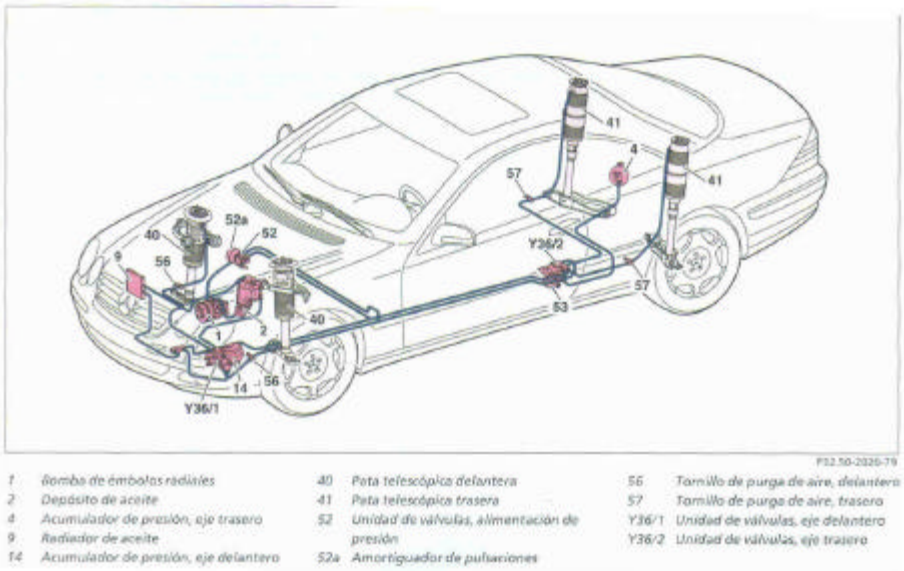


Figura 5: Disposición de componentes hidráulicos

Posee también un sistema electrónico que será el que se encargué de monitorizar las fuerzas de balanceo y realizar el cálculo de las fuerzas de compensación a aplicar por el sistema hidráulico.

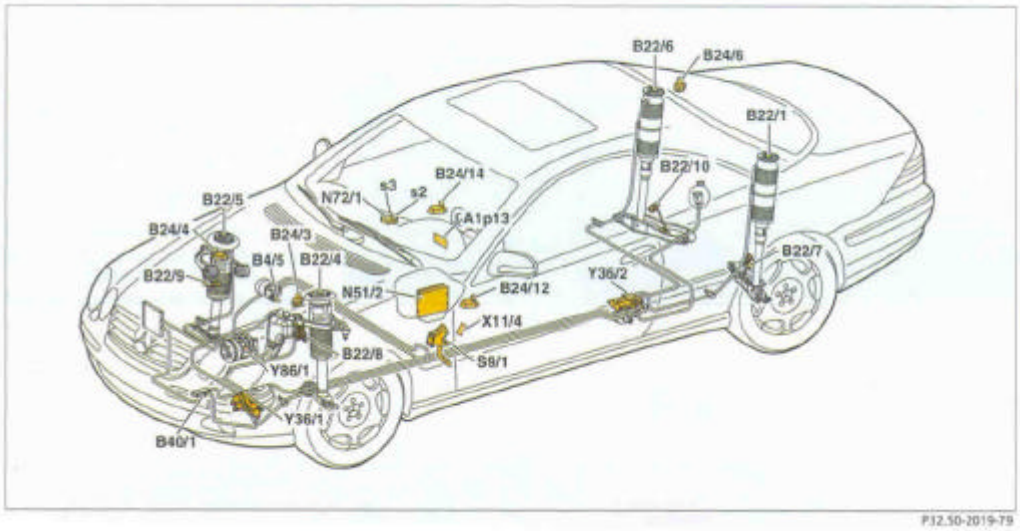


Figura 6: Disposición de componentes electrónicos

3.2.1.- Funcionamiento de la suspensión / amortiguación

La suspensión y la amortiguación en el sistema ABC es asumida, para los movimientos de la carrocería de baja frecuencia, (de hasta aproximadamente 5 Hz) por parte de un cilindro regulador hidráulico (cilindro de inmersión) en cada pata telescópica. Este cilindro regula adicionalmente el punto de pie del muelle helicoidal. De esta forma se reducen al mínimo los siguientes movimientos de la carrocería y se amortiguan óptimamente:

?? Movimientos en dirección vertical del eje del vehículo originados sobretodo por las irregularidades de la calzada.

?? Movimientos alrededor del eje transversal del vehículo (cabeceo) originados al frenar y acelerar, así como por ondulaciones de la calzada.

?? Movimientos alrededor del eje longitudinal del vehículo (balanceo) originados sobretodo por la circulación en curvas y por una calzada desigualmente llana a izquierda y derecha.

Las oscilaciones de mayor frecuencia de las ruedas se aíslan y amortiguan respecto a la carrocería, de forma convencional mediante elementos pasivos (muelles de acero y amortiguadores con un ajuste uniforme).

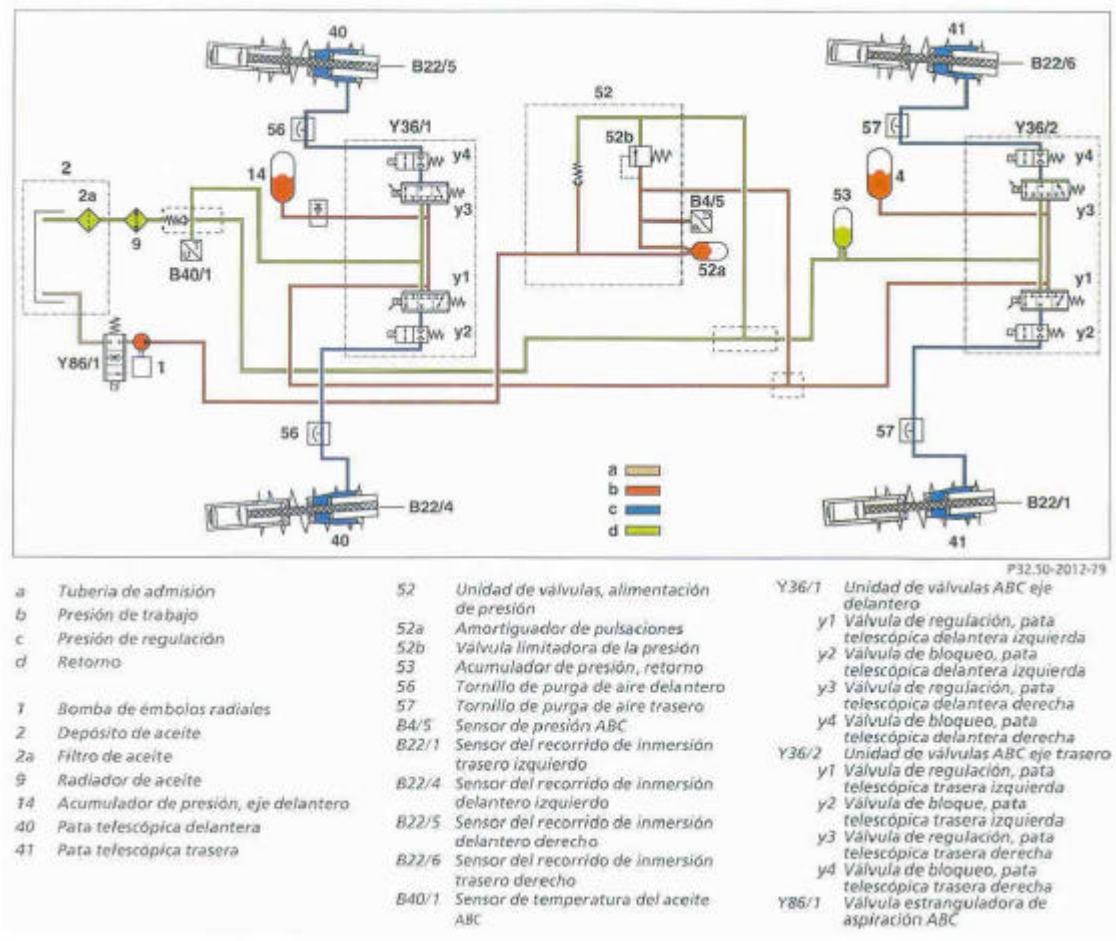


Figura 7: Esquema del circuito hidráulico de presión

Como se puede ver en el esquema anterior se distinguen tres unidades de válvulas diferenciadas correspondientes a los ejes delantero, trasero y la alimentación de presión. Además se pueden observar los circuitos de presión, de trabajo y regulación, así como los circuitos de tuberías de admisión y retorno. El funcionamiento de estos conjuntos y sus componentes se explican más adelante.

3.2.2.- Regulación del nivel: función

El sistema ABC es un sistema de suspensión con sustentación integral. El sistema mantiene constante el nivel del vehículo estando en marcha el motor, independientemente de la carga. Para ello, la bomba de émbolos radiales suministra aceite a través de las unidades de válvula a las patas telescópicas, hasta que se ha ajustado el nivel del vehículo. El nivel del vehículo en los ejes delantero y trasero es registrado respectivamente mediante dos sensores de nivel y es transmitido a la unidad de control ABC: La regulación del nivel en las distintas patas telescópicas tiene lugar mediante dos válvulas reguladores respectivamente, en las unidades de válvulas de los ejes delantero y trasero.

Función de despertador (duración funcional aprox. 1 min.)

Con ayuda del mando a distancia, del interruptor de contacto de puerta o del interruptor de la iluminación del maletero, se “despierta” la unidad de control ABC, para comprobar el nivel instantáneo del vehículo y bajar, si es necesario el nivel del vehículo normal. No es posible una elevación del vehículo.

Función en estado del vehículo “Encendido CONECTADO”

Función igual a la función de despertador, pero sin limitación temporal.

Función normal (durante la marcha)

Al cargar el vehículo, los sensores de nivel reconocen el descenso del nivel de éste y lo transmiten a la unidad de control. Mediante la activación de las válvulas reguladoras se suministra continuamente aceite a las patas telescópicas de las correspondientes ruedas, hasta que el nivel del vehículo haya alcanzado su valor teórico.

Al descargar el vehículo, las mismas válvulas dejan pasar aceite a la conducción de retorno.

Funcionamiento ulterior (duración funcional aprox. 1min)

Tras “Encendido DESCONECTADO” la unidad de control registra las modificaciones de nivel, con el fin de poder regular ulteriormente (bajar) el nivel del vehículo en caso de un posible proceso de descarga (función igual a la función despertador).

Función, posición de bloqueo

Si la unidad de control registra una descarga de todas las ruedas en estado parado del vehículo y del motor, se cierran entonces las válvulas de bloqueo de las patas telescópicas. El vehículo permanece así en el nivel actual. Esto es necesario por ejemplo para el cambio de la rueda o en caso de trabajos de reparación (plataforma elevadora).

3.2.3.- La alimentación de presión: funcionamiento

Durante el funcionamiento normal del vehículo, el sistema ABC funciona a presión entre 180 y 200 bares.

Para la alimentación de presión se emplea una bomba de émbolos radiales (1 en figura 7). Al igual que la bomba de servodirección, está accionada directamente por el motor, a través de una transmisión de una sola correa.

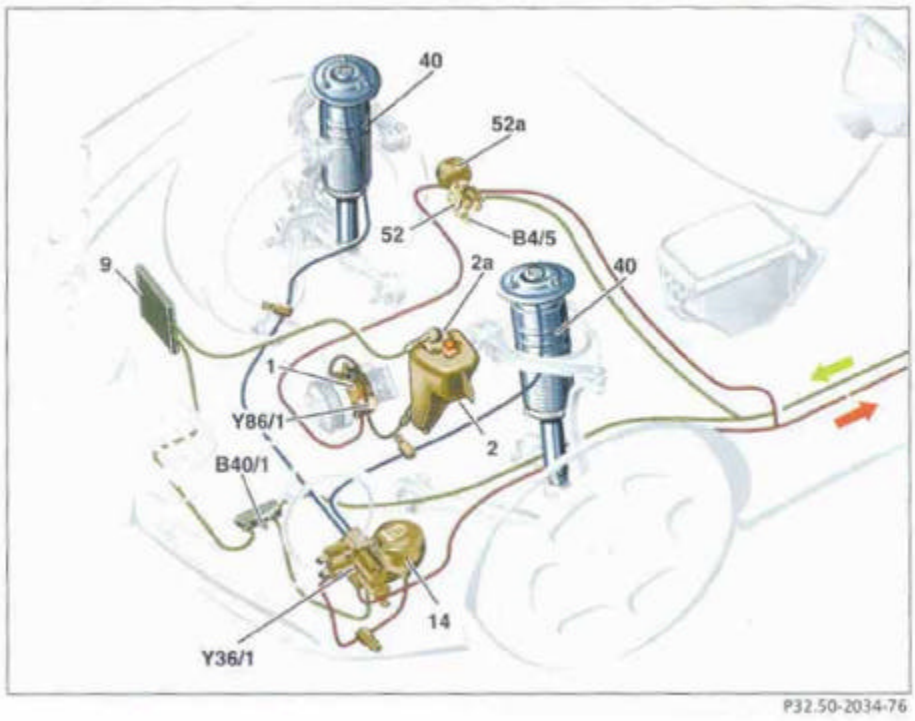


Figura 8: Disposición de elementos de presión

El aceite hidráulico se aspira directamente del depósito de aceite (2). Una válvula estranguladora de aspiración (Y86/1), adosada a la bomba, regula el caudal de aspiración y con ello la presión. La cantidad de aceite se determina conforme a la situación de la marcha.

La bomba le envía el aceite a la unidad de válvulas, alimentación de presión (52). Un amortiguador de pulsaciones (52a) existente en la unidad de válvulas compensa las vibraciones del sistema hidráulico. Una válvula limitadora de presión existente en la unidad de válvulas impide que la presión suba por encima de los 200 bares, los picos de presión son transmitidos directamente al reflujo, donde son disminuidos.

La presión del aceite del sistema es supervisada por el sensor de presión (B4/5). Después de la unidad de válvulas de la alimentación de presión (52), la presión es transmitida a la unidad de válvulas ABC para el eje delantero y eje trasero. Desde allí, según sea necesario, el aceite es enviado a los cilindros de ajuste en las patas telescópicas (40, 41 en figura 4). Dos acumuladores de presión aseguran la presión del sistema cuando existe mayor necesidad de aceite.

El aceite sobrante retorna a través de las tuberías de reflujo pasando por un radiador de aceite (9) ,que se encarga de reducir la temperatura de éste, y un filtro de aceite (2a) hasta volver al depósito de aceite (2). Este último suministra aceite para mantener el nivel entre un máximo y un mínimo. En el reflujo hay también un acumulador de reflujo para recibir el aceite que retorna y para rebajar los picos de presión. Un sensor de temperatura del aceite (B40/1) existente en el distribuidor del reflujo mide la temperatura del aceite. En ese mismo distribuidor existe un sistema de

precarga que, cuando el motor está funcionando, asegura que en el reflujo haya presión mínima de 10 bares.

3.2.3.1.- Acumulador de presión

El acumulador se encarga de almacenar aceite a una presión de aproximadamente 200 bares, a fin de poner a disposición, según se requiera la necesaria energía.

Depósito de acero de forma esférica con volumen de aceite (a) y volumen de gas (b) separados por una membrana. El espacio de gas está lleno a 100 bares. La membrana se ajusta conforme al volumen necesario de aceite. A tal fin, la membrana se deforma en la caja esférica del acumulador de presión, comprimiendo el gas.

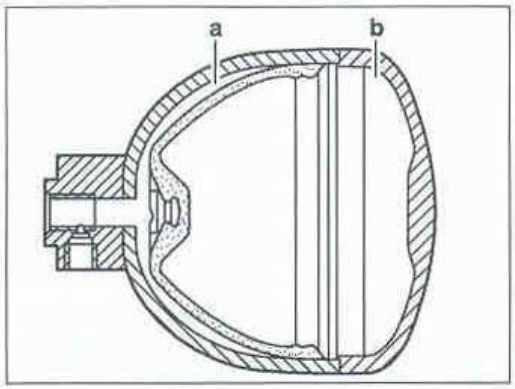


Figura 9: Acumulador de presión

3.2.3.2.- Unidad de válvulas, funcionamiento

El funcionamiento de las unidades de válvulas en el eje delantero y trasero es idéntico. Para el movimiento de entrada y salida del cilindro hidráulico está asignada a cada pata telescópica una válvula de regulación. Las válvulas de regulación se encuentran cerradas en estado sin corriente.

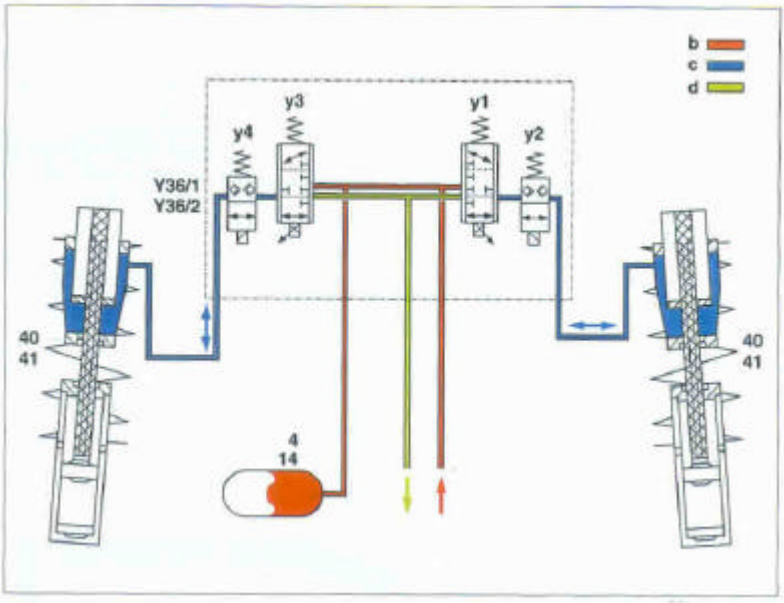


Figura 10: Unidad de válvulas

En estado de servicio se abren las válvulas y dejan pasar aceite hacia la pata telescópica o hacia la conducción de retorno, según la dirección de flujo.

Hay válvulas de retención alineadas con las válvulas de regulación; estas impiden que baje el nivel del vehículo parado y, en caso de fallo, conmutan el sistema a estado pasivo.

A cada unidad de válvulas está acoplado un acumulador de presión al que se recurre al aumento rápido de la presión.

3.2.4.- Unidad de control ABC: disposición / tarea / función (sistema electrónico)

En sus funciones la unidad de control ABC está dividida de la siguiente forma:

?? Procesamiento de señales

?? Elemento lógico de funciones

?? Circuito de seguridad

3.2.4.1.- Procesamiento de señales

El sistema ABC monitoriza a través de distintos sensores los diferentes estados de diversas variables sobre las que se actuará convenientemente el sistema para mantener la carrocería con un nivel máximo de estabilidad.

La actuación después de la monitorización se realiza gracias a los cálculos realizados por la unidad. Las mediciones y cálculos que hace el sistema son, básicamente, los siguientes:

?? Cálculo de aceleraciones verticales en la carrocería mediante la señal de los sensores de aceleración en la carrocería.

?? Cálculo de la velocidad del vehículo gracias a los sensores del número de vueltas y las señales sobre el número de revoluciones del motor.

?? Cálculo de la aceleración longitudinal y transversal con sensores dispuestos a tal efecto.

?? Cálculo de los movimientos de cabeceo según la señal del sensor de aceleración longitudinal.

?? Cálculo de los movimientos de tambaleo mediante el sensor de aceleración longitudinal.

?? Cálculos para la activación de las válvulas en función de las diferentes señales enviadas por los sensores de los ejes delantero y trasero, así como de las señales propiciadas por los sensores de movimiento de las patas telescópicas.

?? Cálculo de la activación de la válvula de estrangulación de aspiración del ABC según la señal de los sensores de nivel de las ruedas.

3.2.4.2.- Elemento lógico de funciones

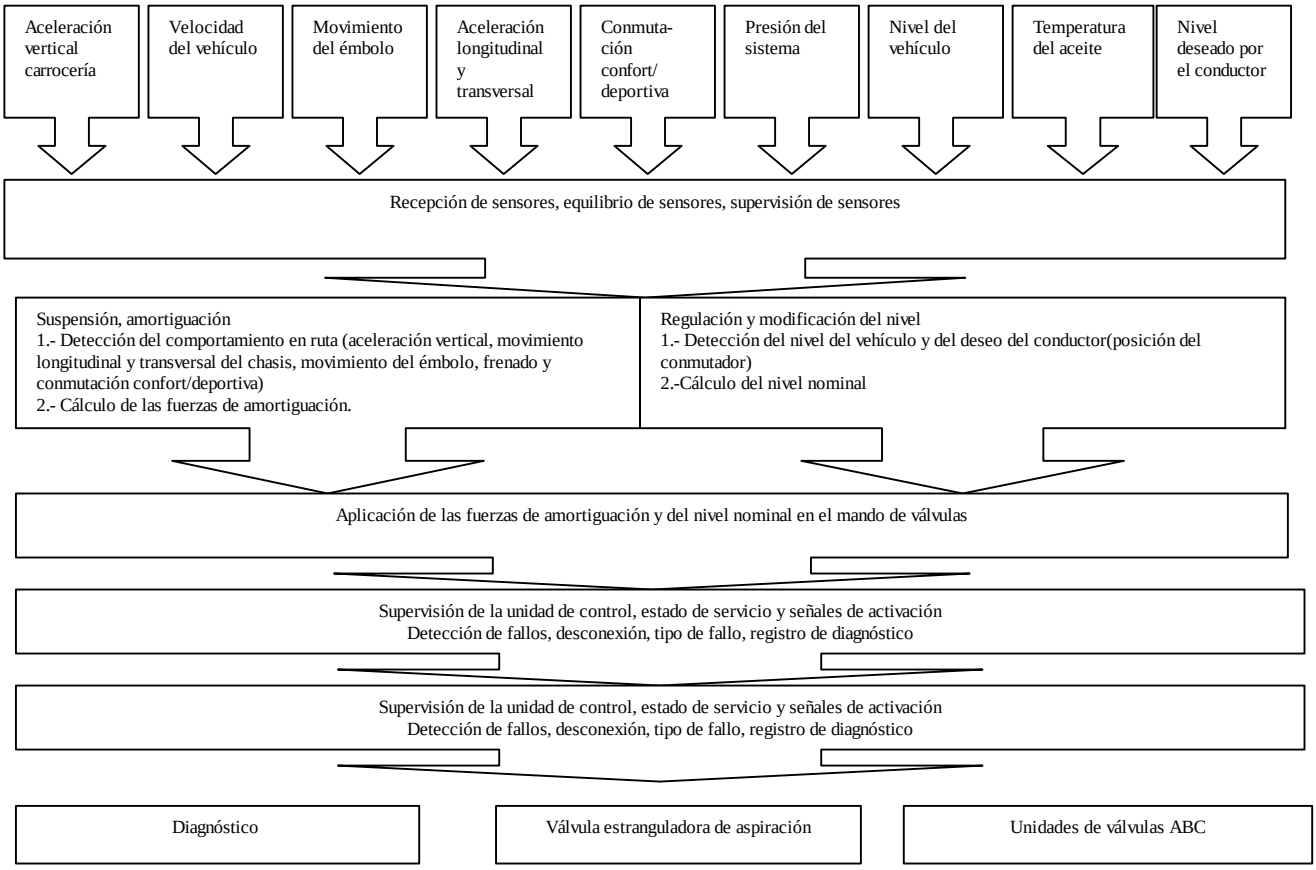
El elemento lógico de funciones se encarga de procesar las señales procedentes de los distintos sensores y las transforma en señales de salida para la posterior actuación del sistema en función de la situación de las diferentes variables monitorizadas.

3.2.4.3.- Circuito de seguridad

Después de la conexión, y durante el funcionamiento, la unidad de control ABC vigila todos los componentes relevantes del sistema. El propósito del circuito de seguridad consiste en detectar las señales defectuosas de los sensores, los fallos en la unidad de control y en el sistema de conductores eléctricos. De detectarse una anomalía el sistema se desconecta automáticamente parcial o totalmente informando al conductor de tal circunstancia.

El circuito de seguridad vigila además constantemente, la tensión de la batería. Sí la tensión está, en algún momento, bien por debajo de 6 V o bien por encima de 16.5 V se desconecta el sistema hasta que se restablezca la tensión dentro del margen estipulado.

El siguiente diagrama de bloques muestra los diferentes sensores para la monitorización de las variables y la posterior actuación del sistema.



3.2.5.- Patas telescópicas

El peso del vehículo es sostenido por el aceite que hay en el cilindro hidráulico y por un muelle helicoidal alineado. Hacia el lado de la rueda, el muelle se apoya en un platino de un resorte firmemente unido al tubo del hidráulico y, hacia el lado de la carrocería, en un cilindro hidráulico de simple efecto (émbolo).

Mediante el desplazamiento del cilindro hidráulico hacia la pata telescópica y al modificarse el largo de ésta, se producen fuerzas adicionales con las cuales se influirá en la suspensión y en la amortiguación en un margen de frecuencia de hasta 5 Hz.

A Estado normal
B Estado sin presión

g Cilindro hidráulico
r Muelle de acero
v Amortiguador
y Cámara de aceite

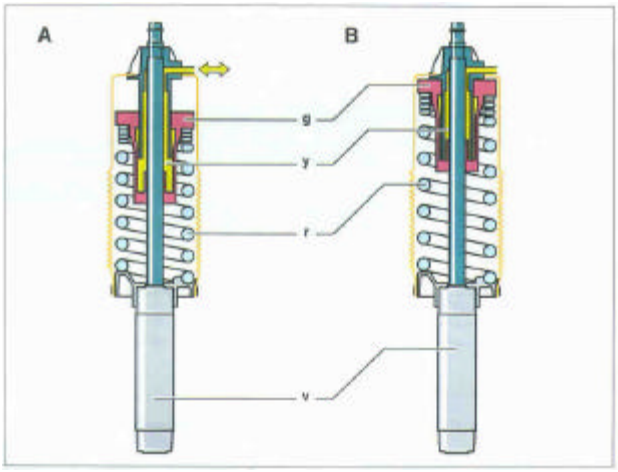


Figura 11: Pata telescópica

La elevación y el descenso del nivel del vehículo tienen lugar al llenarse y vaciarse la cámara de aceite, con lo cual se acorta y se alarga la pata telescópica.

Para la salida o la retracción del cilindro hidráulico se bombea aceite a la pata telescópica o bien fluye aceite desde la pata telescópica al circuito del reflujo.

De la amortiguación de las oscilaciones de alta frecuencia de la rueda se encarga un amotiguador de presión de gas de doble tubo. El cilindro hidráulico se encarga de las oscilaciones de la estructura, de baja frecuencia.

4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

4.1.- Desventajas

Tanto en el caso de los sistemas de ancho de banda de baja frecuencia, como en los de alta frecuencia, es necesario consumir una energía para producir las fuerzas de compensación. En general, esta energía consumida suele ser demasiado elevada, por ello, la suspensión activa no resulta rentable en vehículos de serie.

Para paliar este problema la Delft University of Technology ha desarrollado un sistema que reduce el consumo de energía al mínimo posible denominado Delft Active Suspension (DAS). Este sistema, en comparación con los sistemas ABC y SC.CAR antes descritos, varía en el sentido de desarrollo tecnológico, pero no así en el concepto funcional de la suspensión activa.

La esencia de este nuevo sistema consiste en un muelle precargado que está conectado a la rueda y una palanca conectada al conjunto.

Figura 12: Sistema DAS en funcionamiento

El coste del conjunto es un evidente problema. Hasta ahora este sistema se utilizaba comunmente en coches de fórmula 1 y prototipos, donde los costes no eran lo más importante. El problema es que en los coches en serie este elevado precio no atrae a suficiente mercado. Para disminuir el coste se han desarrollado actuadores y válvulas de control mucho más baratas. Se utilizan también amortiguadores especiales, equipados con un orificio variable que proporcionan una modulación continua del rango de disipación. Esto hace que sea innecesaria la introducción de energía.

Otros problemas con los que nos podemos encontrar son que pueden llegar a ser muy ruidosos, y tienen un tamaño excesivo, lo que lleva a una difícil colocación. Ambos campos están hoy en día en vías de desarrollo.

4.2.- Ventajas

Las suspensiones activas permiten la no inclinación del coche durante el giro en una curva, consiguiendo así que el conductor no pierda visibilidad y un mejor control del vehículo.

La capacidad de controlar el reparto de carga entre el eje delantero y trasero permite un mejor manejo del coche. Esto es posible debido a que el control de cada rueda es independiente, distribuyendo las fuerzas de compensación necesarias a cada una de las ruedas y manteniendo el mismo nivel entre el eje delantero y trasero. Este efecto es especialmente necesario en situaciones críticas en la conducción, en las que se necesita una seguridad en el control de la dirección. Así mismo, gracias a que la carga está distribuida en las cuatro ruedas del coche. la tendencia a sobrevirar y a subvirar disminuye.

En los sistemas de suspensión pasiva es necesario la colocación de unas barras estabilizadoras. Estas se encuentran montadas sobre el eje trasero y/o el delantero para evitar la tendencia del vehículo a inclinarse al tomar deprisa las curvas cerradas. Cuando se emplean los sistemas de suspensión activa, estas barras son innecesarias, ya que cada rueda es controlada individualmente. Esto permite una mejora en la conducción cuando el vehículo se encuentra sujeto a excitaciones asimétricas.

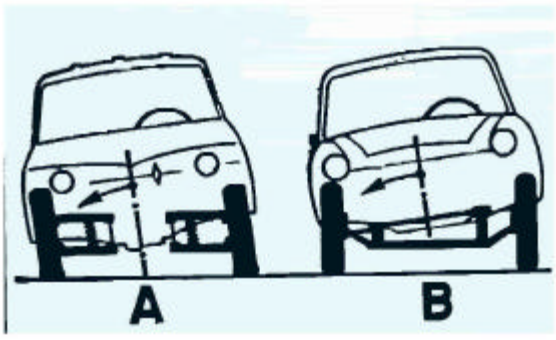


Figura 13: Efecto de barras estabilizadoras

La ausencia de inclinación del coche proporciona al conductor más información a cerca del estado del vehículo. Las fuerzas laterales actúan sobre

Otra ventaja es que el sistema activo permite una mejor adherencia de los neumáticos a la carretera, mejorando así la maniobrabilidad y la seguridad. Lo que se consigue es reducir el deslizamiento.

Bibliografía

www.vehicle.me.bekeley/edu.htm

www.bath.ac.uk/enzcwwm/active.htm

www.-tt.wbmt.tudelft.nl/vehicle/projects/das.htm

www.ika.rwth-aachen.de/publikat/ph_ndt/ndt-e-95.htm

Descripción del funcionamiento del control activo de la carrocería, Mercedes-Benz (DaimlerChrysler AG)

Automóvil, octubre 1995